PART3 地学のための化学

目標　イオン結晶が安定に存在する条件について，陽イオンと陰イオンの半径の比に着目して説明できる。

Chapter1　結晶の安定性

　地学では，岩石を構成する鉱物の結晶の性質について学びます。ここでは，結晶の安定性について学びましょう。

イオン結晶

・原子とイオン

原子……原子のまわりを陽子と同じ数の電子が回り，電気的に中性であるもの。

イオン…原子のまわりを陽子と異なる数の電子が回り，電気的に中性でないもの。電子を（得て / 失って）＋の電荷をもっているものを**陽イオン**，（得て / 失って）－の電荷をもっているものを**陰イオン**という。

・イオン結晶

　イオンどうしが電気的な力で結びついてできる結晶を**イオン結晶**という。

　イオン結晶では，陽イオンと陰イオンの電荷の総和が０となり，結晶全体で見たときには電気的に中性となっている。

・単位格子

　結晶は３次元的な構造のくり返しからなる。そのくり返しの最小単位を**単位格子**という。

知っておこう
イオン結晶の基本については化学基礎，結晶構造については化学で学習します。

知っておこう
原子核にある陽子は＋，電子は－の電荷をもち，これらの数が等しければ全体でみたときに電荷の和が０になります。これを電気的に中性であるといいます。

・イオン結晶の安定性

イオン結晶は，

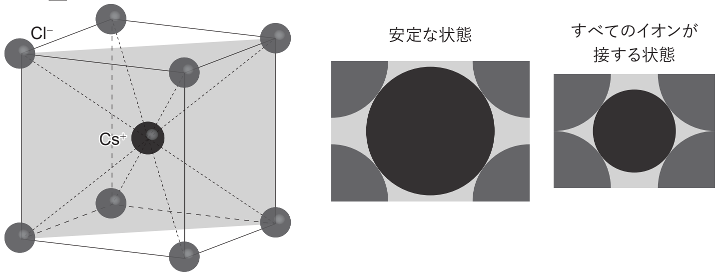
・1 つの陽イオンはできるだけ多くの陰イオンと接触する

・陽イオンどうし，陰イオンどうしは接触しない

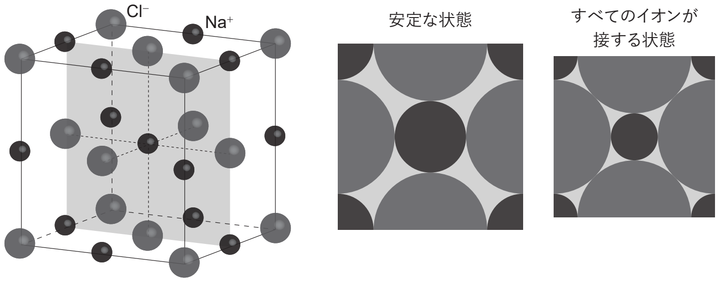
状態が安定である。

陰イオンどうしが接触しないためには，陰イオンに対して陽イオンがある程度以上大きい必要がある。

CsCl 型



NaCl 型



知っておこう

CsCl 型では 1 つの陽イオンのまわりに 8 つの陰イオンがあり，NaCl 型では 1 つの陽イオンのまわりに 6 つの陰イオンがあります。「1 つの陽イオンはできるだけ多くの陰イオンと接触する」という意味ではCsCl 型の方が有利ですが，陽イオンの半径が小さい場合にはCsCl 型だと陽イオンが陰イオンと接触できなくなってしまうため，NaCl 型の方が安定となるのです。

→陽イオンと陰イオンの半径の比によって，安定な結晶構造が異なる。

知っておこう

電荷が同じで半径がほぼ同じイオンであれば，結晶構造を変えることなく元の結晶のイオンを置き換えることが可能です。結晶構造が同じで化学組成の異なる鉱物である固溶体は，このようなイオンの置き換えによって生じます。

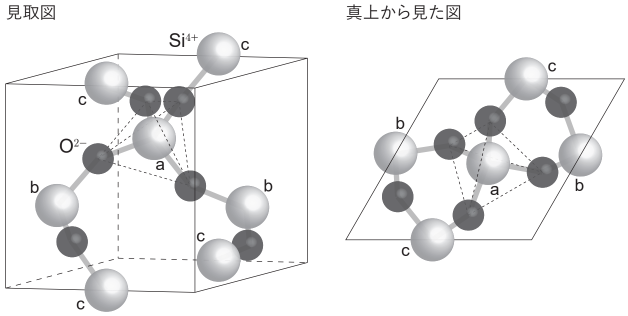
まとめ

- イオンどうしが電気的な力で結びついてできる結晶をイオン結晶という。
- イオン結晶では陰イオンどうしが接触しない状態が安定であり，陰イオンに対して陽イオンがある程度以上________必要がある。
- イオン結晶では，陽イオンと陰イオンの半径の比によって，安定な結晶構造が異なる。

Chapter2　演習問題

ここでは，化学組成が SiO_2 の鉱物を例にして，結晶構造と密度との関係について確認しましょう。

問題(1)　次の図は，石英の結晶の単位格子を示したものです。この図について述べた下の文章中の（　　）について，正しいものを選びましょう。



石英の結晶の単位格子は，底面がひし形の四角柱である。見取図に示された7個の Si^{4+} に着目すると，**a** の Si^{4+} は全体，**b** の Si^{4+} は（半分 / 4分の1），**c** の Si^{4+} は（半分 / 4分の1）が単位格子の内部にある。よって，単位格子の内部にある Si^{4+} は（2 / 3 / 4）個分だといえる。6個の O^{2-} はすべて単位格子の内部にあることに注意すると，1つの単位格子は，（2つ / 3つ）の SiO_2 で構成されていることがわかる。

知っておこう

高校化学において，SiO_2 の Si と O との結合は共有結合として扱われることが多いようです。しかし，Si と O は電子を引き付ける力（電気陰性度）の差が大きいため，Si と O との結合はイオン結合の性質ももっています。

ここでは簡単のため，講義で扱った NaCl などと同様に，SiO_2 をイオン結晶として扱います。

問題(2)　石英の結晶の単位格子について，底面は1辺の長さが 0.49nm で1つの内角が 60° のひし形，高さは 0.54nm とします。このとき，体積は何 nm^3 でしょうか。上から2桁の概数で求めましょう。ただし，$\sqrt{3} = 1.7$ とします。

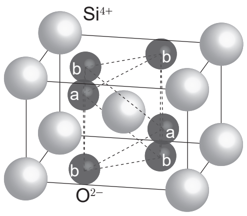
知っておこう

$1nm = 10^{-9}m$ です。

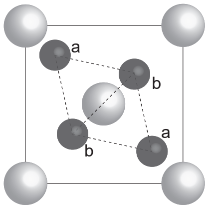
体積の単位として nm^3 は見慣れないかもしれませんが，長さの単位を cm としたときの体積が cm^3 になるのと同じことだと考えればよいでしょう。

問題⑶ 次の図は，スティショバイトと呼ばれる鉱物の結晶の単位格子を示したものです。この図について述べた下の文章中の（　　）について，正しいものを選びましょう。

見取図



真上から見た図



スティショバイトの結晶の単位格子は，底面が正方形の直方体である。見取図に示された Si^{4+} に着目すると，中央の Si^{4+} は全体，他の Si^{4+} は（半分 / 4 分の 1 / 8 分の 1）が単位格子の内部にある。よって，単位格子の内部にある Si^{4+} は（2 / 3 / 4）個分だといえる。また，見取図に示された O^{2-} に着目すると，**a** の O^{2-} は全体，**b** の O^{2-} は半分が単位格子の内部にある。よって，単位格子の内部にある O^{2-} は（2 / 3 / 4）個分だといえる。以上より，1 つの単位格子は，（2 つ / 3 つ）の SiO_2 で構成されていることがわかる。

問題⑷ スティショバイトの結晶の単位格子について，底面は 1 辺の長さが 0.42nm の正方形，高さは 0.27nm とします。このとき，体積は何 nm^3 でしょうか。上から 2 桁の概数で求めましょう。

問題⑸ **問題⑴〜問題⑷**の結果より，スティショバイトの密度は石英の密度の何倍でしょうか。上から 2 桁の概数で求めましょう。

知っておこう

スティショバイトは石英の多形，すなわち化学組成が同じで結晶構造の異なる鉱物であり，下部マントルに存在すると考えられています。また，小天体の衝突に伴い，地表でもごくまれに形成されます。

講義で扱ったような陽イオンと陰イオンの半径の比だけを考えると，化学組成が同じであれば結晶構造も 1 つに決まってしまうように思われるかもしれません。しかし，結晶のおかれる温度・圧力条件が異なれば，安定な結晶構造も異なるのです。

ここがPOINT

密度は単位体積あたりの質量ですが，本問では質量が与えられていません。

ここでは，$1nm^3$ あたりの SiO_2 の個数に着目するとよいでしょう。

第22講 PART3 確認問題

問１　次の文章を読み，下の問いに答えよ。

原子では，陽子と（　ア　）の数が同じで，電気的に中性である。イオンでは，陽子と（　ア　）の数が異なり，（　ア　）の方が少ないものを（　イ　），多いものを（　ウ　）という。

イオンどうしが電気的な力で結びついてできる結晶を a イオン結晶という。イオン結晶の安定な結晶構造は，陽イオンと陰イオンの（　エ　）の比によって決まる。

(1)　空欄ア～ウに入る語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ア：電子　　イ：陽イオン　　ウ：陰イオン
②　ア：電子　　イ：陰イオン　　ウ：陽イオン
③　ア：中性子　イ：陽イオン　　ウ：陰イオン
④　ア：中性子　イ：陰イオン　　ウ：陽イオン

(2)　下線部 a について，イオン結晶が安定な状態として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　陽イオンどうしが接触する。
②　陰イオンどうしが接触する。
③　1 つの陽イオンができるだけ多くの陰イオンと接触している。
④　どのイオンも接触しない。

(3)　空欄エに入る語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　質量　　②　半径　　③　電荷　　④　電子の数

< Note >

第 22 講　地学のための基礎知識

PART1　地学のための数学

問題(1)　【※図参照】

問題(2)　【※図参照】

問題(3)　$\log_{10}\dfrac{E}{E_0}=\dfrac{3}{2}M$

問題(4)　$E=E_0 10^{\frac{3}{2}M}$

問題(5)　ア：$\dfrac{3}{2}(M_A-M_B)$　イ：$\dfrac{3}{2}(M_A-M_B)$　ウ：3.3　エ：3　オ：2

カ：2×10^3　キ：2×10^3

PART2　地学のための物理

問題(1)　ア：$2\pi\sqrt{\dfrac{L}{g}}$　イ：$\dfrac{g}{4\pi^2}$

問題(2)　【※図参照】

問題(3)　$9.78\mathrm{m/s^2}$

PART3　地学のための化学

問題(1)　半分，4 分の 1，3，3 つ

問題(2)　$0.11\mathrm{nm^3}$

問題(3)　8 分の 1，2，4，2 つ

問題(4)　$0.048\mathrm{nm^3}$

問題(5)　1.6

PART4　地学のための地理

問題(1)　2500，10m

問題(2)　【※図参照】

問題(3)　【※図参照】

問題(4)　【※図参照】

第 22 講　PART3　確認問題　解答

問 1

(1)　①

解説：

原子は，正の電荷をもつ陽子と負の電荷をもつ電子の数が等しく，電気的に中性である。電子を失って正の電荷をもつものを陽イオンといい，電子を得て負の電荷をもつものを陰イオンという。

(2)　③

解説：

1 つの陽イオンができるだけ多くの陰イオンと接触し，陽イオンどうし，陰イオンどうしは接触しない状態が安定である。

(3)　②

解説：

イオン結晶では，陽イオンと陰イオンの半径の比によって，安定な結晶構造が異なる。